PART2　気体②

目標　・気体の状態方程式と気体の分子量の関係を理解しよう！

Chapter1　気体の状態方程式の応用

要点

気体の状態方程式の応用

$PV = nRT$ は次のように変形することができる。

$$M = \frac{wRT}{PV} = \frac{RT}{P} \cdot d$$　（M：分子量，w：質量（g），d：密度（g/L））

◆ 気体の状態方程式の変形　重要

物質量 n（mol）$= \frac{\text{質量}w\text{(g)}}{\text{分子量}M}$ であるため，気体の状態方程式 $PV = nRT$ は次のように変形することができる。

$$PV = nRT \rightarrow PV = \frac{w}{M}RT \quad \cdots①$$

①式を分子量 M を表す式に変形すると次のようになる。

$$M = \frac{wRT}{PV} \quad \cdots②$$

また，密度 d（g/L）とすると，$d = \frac{w}{V}$ となるため，②式は次のように変形できる。

$$M = \frac{wRT}{PV} = \frac{RT}{P} \cdot d \quad \cdots③$$

以上より，次のことがわかる。

・**状態方程式を利用して気体の分子量を求めることができる**

（実験については Chapter２で扱う）

・**PT 一定のもとでは，気体の分子量と密度は比例関係である**

PT 一定とすると，$\frac{RT}{P}$ **を比例定数として，分子量 M と密度 d が比例関係になる。**

標準状態（0℃，1.013×10^5Pa）では，**比例定数** $\frac{RT}{P}$ **= 22.4 になることも頭に入れておこう。**

例題

標準状態において，密度が最小の気体を次の中から選びなさい。

①　酸素　　②　窒素　　③　水素

考え方

標準状態（0℃，1.013 × 10^5Pa）なので，PT 一定であり，密度は分子量に比例する。すなわち「密度が最小の気体＝分子量が最小の気体」となる。

パッと見て原子量 1 の H 原子からなる水素 H_2(③) が正解とわかる。

まとめ

・気体の分子量を M，質量を w（g）とすると，気体の状態方程式 $PV = nRT$ は次のように変形することができる。　(　　　　　　　　)

・さらに，気体の密度を d とすると，気体の分子量 M と密度の関係式は次のようになる。(　　　　　　　　)

Chapter2　気体の分子量測定実験（デュマ法）

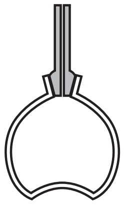
要点

気体の分子量測定実験（デュマ法）

ピクノメーターを使って気体の密度を測定し，気体の分子量を求める実験

◆ 気体の分子量測定実験（デュマ法）

気体の分子量測定実験にはピクノメーターという器具を使用する。（図参照）



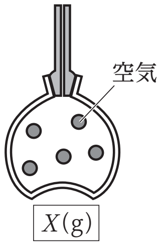
栓に小さな穴が空いており，気体が自由に出入りできるため，器具の中の圧力は，常に大気圧と一致する。

それでは実験の流れを確認してみよう。

操作 1　**ピクノメーターの質量を測定する**

（ピクノメーター＋ピクノメーター内の空気）の質量が判明。

→ X（g）だったとする。



操作2　**試料（分子量を調べたい気体）を入れる**

ピクノメーターの栓をはずして試料を入れる。

（試料は液体であり，体積が非常に小さいため，ピクノメーター内の空気の量に変化はないと考えよう）

操作3　**恒温槽に入れて温度を適温で一定に保つ**

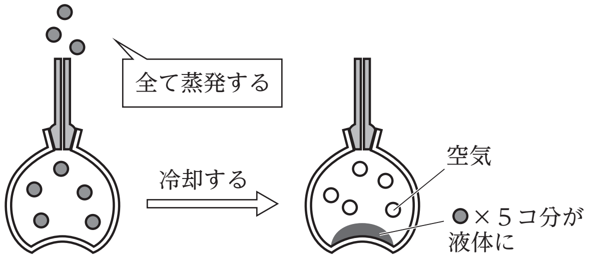
試料が蒸発し始める。

試料の蒸発にともない，空気がピクノメーターの外に追い出される。

操作4　**試料がすべて蒸発したら冷却し，質量を測定する**

試料がすべて蒸発したらピクノメーターを冷却し，ピクノメーター内に残った試料（蒸気）をすべて液体に戻し，質量を測定する（ピクノメーター内には空気が入ってきている）。

→ Y（g）だったとする。



分子量を求める

実験の結果より，恒温槽の温度 t（K），大気圧 p（Pa），ピクノメーターの容積 v（L）を満たしていた試料（蒸気）の質量は $Y-X$（g）となる。気体定数を R（Pa･L/mol･K）とすると，試料の分子量は次のように求めることができる。

$$M=\frac{wRT}{PV}=\frac{(Y-X)Rt}{pv}$$

※ 高校の実験室ではピクノメーターの代わりにフラスコを使用することもある。

Chapter3　演習問題

問　容積 100mL のピクノメーターの質量を測定すると，30.50（g）であった。そのピクノメーターに液体の試料を入れ，80℃に設定した恒温槽に入れた。すべての試料が蒸発したのを確認し，冷却した後，ピクノメーターの質量を測定すると 30.75（g）であった。

この結果より，試料の分子量を整数で求めよ。

ただし，大気圧は 1.0×10^5（Pa），気体定数は 8.3×10^3（Pa･L/mol･K）とする。

第3講　PART2　確認問題

問1　気体の分子量をM，質量をw (g) とすると，物質量n (mol) は$\dfrac{w}{M}$と表されるので，気体の状態方程式$PV = nRT$を分子量Mを表す式に変形すると（　ア　）になる。

また，気体の密度をd（g/L）とすると，$d = \dfrac{w}{V}$と表されるので，気体の分子量Mと密度の関係式は（　イ　）になる。

このように，状態方程式を利用することで，気体の分子量を求めることができ，標準状態（0℃，1.013×10^5Pa）では，分子量と密度は比例定数（　ウ　）の比例関係にあることがわかる。

(1)　文中の（　ア　）に当てはまる式として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　$M = \dfrac{wPV}{RT}$　　②　$M = \dfrac{PV}{wRT}$

③　$M = \dfrac{wRT}{PV}$　　④　$M = \dfrac{RT}{wPV}$

(2)　文中の（　イ　）に当てはまる式として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　$M = \dfrac{P}{RT} \cdot d$　　②　$M = \dfrac{RT}{P} \cdot d$

③　$M = \dfrac{P}{RT} \cdot \dfrac{1}{d}$　　④　$M = \dfrac{RT}{P} \cdot \dfrac{1}{d}$

(3)　文中の（　ウ　）に当てはまる数として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　1.12　　②　2.24

③　11.2　　④　22.4

⑷ 次の①～④の気体のうち，標準状態（0℃，1.013×10^5Pa）において密度が最大のものを一つ選べ。ただし，原子量はH：1.0，C：12，N：14，O：16，Cl：35.5とする。

① アンモニア　　② 二酸化炭素

③ 塩化水素　　④ 窒素

第３講　気体

PART1　気体①

問　⑴　2.5(mol)

⑵　31(L)

PART2　気体②

問　73

PART3　気体③

Chapter3

⑴　0.40(mol)

⑵　7.5×10^4(Pa)

⑶　1.9(L)

⑷　177(℃)

問　1.7(L)

PART4　混合気体

問　全圧：3.0×10^5(Pa)

窒素の分圧：1.2×10^5(Pa)

水素の分圧：1.8×10^5(Pa)

PART5　気体の計算練習

Chapter1

問　窒素の分圧：8.0×10^4(Pa)

酸素の分圧：2.5×10^5(Pa)

Chapter2

問　1：4

Chapter3

問　1.6×10^5(Pa)

PART6　飽和蒸気圧と気体の計算練習

問　0.52(L)

PART7　理想気体と実在気体

問　ア①

イ③

ウ④

エ⑦

※ウとエは順不同

第 3 講　PART2　確認問題　解答

問 1

(1)　③

解説：

$n = \dfrac{w}{M}$ を気体の状態方程式 $PV = nRT$ に代入すると，$PV = \dfrac{w}{M}RT$ となるので，これを分子量 M を表す式に変形すると，$M = \dfrac{wRT}{PV}$ となる。

(2)　②

解説：

密度を d（g/L）とすると $d = \dfrac{w}{V}$ となるため，$M = \dfrac{wRT}{PV}$ を変形すると，$M = \dfrac{RT}{P} \cdot \dfrac{w}{V} = \dfrac{RT}{P} \cdot d$ となる。

(3)　④

解説：

圧力 P と温度 T が一定のもとでは分子量 M と密度 d は比例関係にあり，特に標準状態（0℃，1.013×10^5Pa）では，比例定数 $\dfrac{RT}{P}$ =22.4 になる。

(4)　②

解説：

標準状態（0℃，1.013×10^5Pa）なので，P，T は一定であり，密度は分子量に比例する。分子量は，NH_3：17，CO_2：44，HCl：36.5，N_2：28 なので，二酸化炭素の密度が最大になる。